



**Luís Miguel Raposo Claro**

Licenciatura em Ciências da Engenharia Mecânica

**Estudo de Melhoria da Gestão e do  
Controlo do Fluxo de Materiais numa  
Empresa do Setor Aeronáutico**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia  
Mecânica

Orientadora: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss  
Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL



## **Estudo de Melhoria da Gestão e do Controlo do Fluxo de Materiais numa Empresa do Setor Aeronáutico**

Copyright © Luís Miguel Raposo Claro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

---

À professora Doutora Helena Navas, pela orientação deste estudo, assim como pela promoção dos primeiros contactos com a já mencionada empresa, a fim de se dar início a este estudo, e apoio dado nas fases de maior adversidade.

À empresa, por ter permitido a realização deste estudo dentro das suas portas, assim como a toda a equipa de Produção do hangar de Pintura, à equipa da Engenharia, do Planeamento e da Qualidade. Todos eles deram um importante contributo para este estudo.

Aos meus pais e namorada, por todo o apoio incondicional que me têm dado.

Ao meu amigo de longa data, Pedro Fanica, pelo apoio dado nas alturas de maior tensão.



Com a indústria aeronáutica em crescimento, numa era de globalização e em que o mercado é cada vez mais exigente, torna-se imperativo para as empresas deste setor aumentar a sua eficiência, de forma a serem cada vez mais competitivas. Surge assim a necessidade de melhorar os seus processos de produção, sob pena de serem eliminadas pela concorrência.

Como resposta a estes novos desafios, a antiga filosofia aeronáutica *Higher, Faster, Farther*, tem-se convertido na atual mantra *Better, Faster, Cheaper*.

As empresas aeronáuticas, no seu desejo de manterem e aumentarem as suas quotas de mercados internacionais, têm procurado adaptar-se a esta nova filosofia.

Neste âmbito, surgiu a oportunidade de realização de um estudo numa empresa do setor aeronáutico, na Secção de Pintura. Foram identificados problemas e oportunidades de melhoria nesta secção, assim como foram elaboradas quatro propostas de melhorias, ao nível da gestão e controlo de materiais, nomeadamente organização e arrumação dos materiais, melhoria dos seus fluxos, rastreabilidade das peças e passagem do fluxo de materiais para *Just-in-Time*. A primeira proposta foi implementada, as restantes foram adaptadas às condicionantes da Secção de Pintura, à exceção da passagem do fluxo de materiais para *Just-in-Time* que ficara por implementar.

Durante a realização do estudo foram aplicadas várias metodologias, que visaram apoiar uma melhoria contínua, nomeadamente algumas ferramentas *Lean*, como a 5S e gestão visual, além de outras técnicas, como o Diagrama de Ishikawa, os “cinco porquês”, diagrama de Pareto e a matriz GUT.

A implementação plena das melhorias propostas poderá permitir à empresa aumentar a sua eficiência e eficácia, reduzir os desperdícios de vários tipos, em particular de transporte, movimentação, processamento desnecessário, inventário, tempo de espera e retificação, além de reforçar a melhoria contínua como um modo de estar na empresa, melhorando com isso a motivação e disciplina dos funcionários.

**Palavras Chave:** *Lean*, Melhoria Contínua, Indústria Aeronáutica, Gestão de Materiais, Controlo de Materiais, Eficiência.





With the aeronautics industry growing, in a globalization era and in which the demanding of the market is increasing, it becomes imperative for companies in this sector to improve their efficiency in order to become more competitive. This raises the need to improve their production processes, otherwise they will be eliminated by the competition.

In response to these new challenges, the former aeronautical philosophy Higher, Faster, Farther, has become the current mantra Better, Faster, Cheaper.

The aeronautical companies, in their desire to maintain and increase their international markets shares have sought to adapt to this new philosophy.

In this context, the opportunity arose to carry out a study in an aeronautical sector company, in the Painting Department. This study identified problems and improvement opportunities in this department, as well as four improvement proposals have been made regarding the materials management and their control, namely materials organization and storage, improvement of their flows, traceability and adapting materials flow to Just-in-Time. The first proposal was implemented, the rest were adapted to the Painting Department's constraints, except for the materials flow adaptation to Just-in-Time that

During the study, several methodologies were applied to support a continuous improvement, namely some Lean tools, such as 5S and visual management, besides other techniques, such as Ishikawa diagram, the "five whys", Pareto diagram and GUT matrix.

The full implementation of the proposed improvements may allow the company to increase its efficiency and effectiveness, reduce waste of various types, particularly of transportation, motion, over-processing, inventory, waiting time and correction, besides reinforcing continuous improvement as a way to be in the company, thereby improving the motivation and employees discipline.

**Key-words:** Lean, Continuous Improvement, Aeronautical Industry, Materials Management, Materials Control, Efficiency.



1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento e Objetivos do Estudo.....	1
1.2	Estrutura da Dissertação .....	1
2	Metodologias de Apoio à Melhoria Contínua de Processos .....	3
2.1	Filosofia <i>Lean</i> .....	3
2.1.1	Definição do <i>Lean</i> .....	3
2.1.2	Evolução Histórica .....	5
2.1.3	Ferramentas Analíticas e Técnicas do <i>Lean</i> .....	8
2.1.4	O <i>Lean</i> e a Indústria Aeronáutica .....	18
2.2	Outras Metodologias de Apoio .....	20
2.2.1	Diagrama de Ishikawa e Os 5 Porquês .....	20
2.2.2	Diagrama de Pareto .....	21
2.2.3	Matriz GUT .....	21
3	Identificação de Problemas e Oportunidades de Melhoria .....	23
3.1	Recolha de Problemas .....	23
	Bibliografia .....	25

## Índice de Figuras

---

Figura 2-1 - Efeitos da aplicação do <i>Lean</i> .....	3
Figura 2-2 - A Evolução do Fabrico Formatação .....	6
Figura 2-3 - Produção Empurrada e Produção Puxada .....	10
Figura 2-4 - Quantidade de encomenda económica.....	11
Figura 2-5 - Efeitos da Produção JIT .....	12
Figura 2-6 - O Conceito 5S segundo a visão de Osada .....	13
Figura 2-7 - Conceito 5S segundo a visão de Hirano .....	14
Figura 2-8 - Ciclo PDCA.....	17
Figura 2-9 - Diagrama de Ishikawa .....	20

Tabela 2-1 - Matriz GUT .....	22
-------------------------------	----



## Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

---

AD – *Airworthiness Directive*

BFC – *Better, Faster, Cheaper*

CO – *Component Overhaul*

DN – Diretiva de Navegabilidade

EOQ – *Economic Order Quantity*

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FIFO – *First In, First Out*

FILO – *First In, Last Out*

GUT – Gravidade x Urgência x Tendência

H14 – Hangar 14

JIT – *Just-In-Time*

MEK – Metil Etil Cetona (Solvente)

MRO – *Maintenance, Repair and Overhaul*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PVU – Prazo de Vida Útil

TPS – *Toyota Production System*

VSM – *Value Stream Mapping*

## Simbologia

---

$\delta$  – Flecha (deslocamento vertical) de uma viga





Este capítulo apresenta o enquadramento e objetivos do presente estudo, dando conhecimento da estrutura desta dissertação

## 1.1 Enquadramento e Objetivos do Estudo

Com a exigência dos mercados, nomeadamente o mercado aeronáutico, a aumentar a um ritmo cada vez mais alto, as empresas urgem em se tornar mais competitivas, obrigando a um aumento de eficiência nos seus processos e a uma maior consciência do valor agregado aos seus produtos e/ou serviços.

A Secção de Pintura de uma empresa aeronáutica, na tentativa de rumar a uma filosofia de produção mais eficiente, solicitou que fosse feita uma melhoria focada na gestão e controlo dos materiais e na zona de tintas.

Assim, deu-se início a este estudo, estabelecendo-se como objetivo principal a melhoria da gestão e controlo de materiais da, acima mencionada Secção de Pintura. Para tal usaram-se várias metodologias, que visavam apoiar uma melhoria contínua e, por isso, muito ligadas à filosofia *Lean*. Foi feita uma identificação de problemas e oportunidades de melhoria que, posteriormente, foram discutidas e priorizadas com recurso à integração do princípio de Pareto numa matriz GUT (Gravidade x Urgência x Tendência), para se dar início à criação das respetivas propostas de melhoria. Algumas dessas propostas chegaram a ser implementadas durante este estudo, tendo sido inclusive possível fazer a avaliação dos seus resultados.

De referir que durante todo o processo de recolha e análise desses problemas, abordou-se um pouco mais do que os problemas ligados à gestão dos materiais. Pretendeu-se com isto possibilitar que a Pintura continue a trabalhar na sua melhoria contínua, podendo no futuro avançar com algumas das oportunidades já identificadas, nomeadamente ao nível do clima organizacional e nas operações inerentes aos trabalhos de pintura.

## 1.2 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 7 capítulos, sendo o atual referente à Introdução, com uma apresentação do enquadramento e objetivos deste estudo, assim como a presente apresentação da estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é feita uma contextualização das metodologias de apoio usadas neste estudo, assim como as suas ferramentas e suas particularidades. Por se tratarem de metodologias de apoio à melhoria contínua, é também apresentado em maior detalhe a filosofia *Lean*, onde, para além da sua definição, contextualiza-se em termos históricos e na indústria aeronáutica.

O Capítulo 3 procura dar a conhecer a empresa aeronáutica onde este estudo teve lugar, assim como a Secção de Pintura, ficando-se a conhecer o seu funcionamento, organização administrativa e os seus *Layouts*.

O capítulo 4 pretende explicar a metodologia adotada para se fazer a recolha e análise dos problemas e oportunidades de melhoria, que são posteriormente identificados, compilados na sequência de um mapeamento do fluxo de materiais. É também apresentado um retrato do clima organizacional, de forma a enquadrar as problemáticas identificadas. No fim deste capítulo, encontra-se uma priorização da resolução dos problemas identificados, criando um ponto de partida para o capítulo 5.

No capítulo 5, apresentam-se algumas propostas de melhoria aos problemas priorizados no final do capítulo 4. Estas visam a melhoria da organização do local de receção/expedição de materiais, assim como a diminuição da sua quantidade em espera, a melhoria do fluxo de consumíveis aeronáuticos e não aeronáuticos, além de uma melhor rastreabilidade das peças aeronáuticas.

No capítulo 6, expõem-se as implementações de algumas das propostas de melhoria e respetivas discussões de resultados, incluindo-se também no final deste capítulo uma discussão relativamente ao clima organizacional após as implementações.

Por fim, no capítulo 7, encontram-se as conclusões retiradas deste estudo, tendo em conta todo o percurso tomado e os seus resultados, assim como algumas considerações e propostas de trabalhos a desenvolver no futuro desta empresa.

## 2 Metodologias de Apoio à Melhoria Contínua de Processos

---

Neste capítulo, além de se dar a conhecer a filosofia *Lean*, através da sua definição e história, também se expõem as várias metodologias de apoio à melhoria contínua de processos, quer à luz da filosofia *Lean*, quer independentes desta.

### 2.1 Filosofia *Lean*

Numa era de globalização, as empresas das mais variadas indústrias vêm-se cada vez mais obrigadas a serem melhores que a concorrência. A filosofia *Lean* mostra-se assim como uma alternativa aliciante à produção tradicional, com metodologias inovadoras que poderão dar uma valiosa ajuda às empresas que procuram melhorar e assim ter parte do mercado.

#### 2.1.1 Definição do *Lean*

O termo "*Lean*" foi utilizado pela primeira vez no livro "A Máquina que Mudou o Mundo" (*The Machine that Changed the World*), de Womack, Jones e Roos, publicado nos EUA em 1990. Trata-se de um abrangente estudo sobre a indústria automóvel mundial realizada pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) (Lean Institute Brasil, 2018).

Esta palavra traduz-se para português como "magro". "*Lean* é uma filosofia de gestão inspirada em práticas e resultados do Sistema Toyota" (Lean Institute Brasil, 2018). Este sistema é conhecido também por *Toyota Production System* (TPS) (Smith & Hawkins, 2004).

A produção *Lean* é magra, porque usa menos de tudo em comparação com a produção em massa – "metade" do esforço humano na fábrica, "metade" do espaço de fabricação, "metade" do investimento em ferramentas, "metade" das horas de engenharia para desenvolver um novo produto durante "metade" do tempo. Também requer manter muito menos da "metade" do inventário necessário no local, resulta em menos defeitos e produz uma maior e crescente variedade de produtos (Liker, 1997).

Na Figura 2-1, tem-se uma possível interpretação dos efeitos da aplicação do *Lean*:



Figura 2-1 - Efeitos da aplicação do *Lean*

Em suma, “Lean” trata-se de uma abordagem sistemática para identificar e eliminar desperdícios através de melhoria contínua, fluindo o produto na direção da atração do cliente em busca da perfeição (NIST, 2000).

Sendo que esta filosofia é bastante marcada pela eliminação de desperdícios, estes foram identificados e divididos em sete tipos (Hirano, 2009; Picchi, 2017):

- Produção em Excesso

A produção de algo que é desnecessário, numa altura desnecessária ou em quantidades desnecessárias, constitui a forma de desperdício mais grave por levar à criação de todos os restantes desperdícios. Desta forma, ao permitir-se este desperdício, está-se a permitir que parte da capacidade de produção não esteja a ser usada para entregar ao cliente o que este deseja.

- Tempo de Espera

Um funcionário ou uma máquina a aguardar por algo, em vez de produzir, constitui um desperdício. É um dos desperdícios mais frequentes e que costumam estar diretamente relacionados com um mau balanceamento entre etapas e sua instabilidade, fazendo com que depois se tenha de “correr” ao longo de toda a cadeia para compensar as esperas. Idealmente, ter-se-ia um fluxo contínuo, sem interrupções.

- Processamento desnecessário

Um dos possíveis exemplos de um processamento desnecessário é ter-se funcionários a verificar algo que já foi anteriormente verificado. Outro exemplo, trata-se de efetuar um tratamento estético em partes não visíveis. São ações que não precisariam de ser feitas, que poderiam mesmo ser eliminadas, e que certamente o cliente não estará disposto a pagar por elas.

- Inventário

Inventário significa tudo aquilo que é retido nos pontos de retenção, seja dentro ou fora da fábrica. Parte do inventário pode estar retido num armazém ou mesmo entre duas etapas de um processo produtivo. Estes inventários são capital parado, que não é vendido, além de poder esconder problemas, como defeitos de fabrico, levando mais tarde a ter de se realizar retificações em grandes lotes.

- Transporte

O transporte, seja este interno ou externo costuma acarretar grandes custos. Assim, quando se faz algum transporte que poderia ser evitado, está-se a incorrer num desperdício.

- Movimentação

Semelhante ao desperdício de transporte, a movimentação de pessoas sem necessidade também se trata de um desperdício. São frequentemente responsáveis por este tipo de desperdício, *layout* em que as estações de trabalho estão separadas por grandes distâncias, exigindo aos funcionários caminhadas

que não acrescentam valor. Por outras palavras, idealmente todo o movimento de um trabalhador deverá ser usado para criar valor.

- Retificação

Num processo produtivo ideal, a produção é feita corretamente “à primeira”, não sendo necessário realizar retificações. Este é também um dos desperdícios mais típicos nas empresas tradicionais, em que se desperdiça tempo, pessoas e recursos para refazer o que já foi feito.

Atualmente, já se fala também num 8º Desperdício: Desperdiçar o talento das pessoas, suas habilidades e capacidades (Koskela et al, 2013)

Idealmente, os princípios *Lean* focam-se em alcançar um “nível zero” de todos estes desperdícios (Al-Aomar, 2011).

### **2.1.2 Evolução Histórica**

Ao longo dos anos, a fabricação tem evoluído no sentido de satisfazer as, cada vez mais exigentes, necessidades dos clientes. Até ao aparecimento da revolução industrial (o seu início é defendido pela maioria como tendo sido em meados de 1733, com a invenção da lançadeira de fiar, de John Kay, para a indústria têxtil), o fabrico era dominado por artesãos. Estes, assim como os artesãos atuais, requerem anos de aprendizagem e aperfeiçoamento do seu ofício. A sua participação na produção vai desde a preparação da matéria prima até ao produto final. Por ser uma produção morosa, o custo dos bens produzidos acaba sendo elevado (Smith & Hawkins, 2004).

A Revolução Industrial trouxe mais divisão de trabalho e uma especialização mais “estreita”, aplicada apenas a um estágio do processo de produção (Smith & Hawkins, 2004).

Com o aperfeiçoamento da máquina a vapor, feito por James Watt, que foi finalmente aplicada na indústria de moagem de algodão em 1785, o conceito de produção em massa ganhou forma e com ela, pela primeira vez na sociedade, a “classe média”. Nesta fase inicial, os métodos usados na organização dos trabalhos e controlo do fluxo de trabalho eram tudo menos científicos, sendo baseados principalmente na forma como eram feitos precedentemente e ao longo da sua história, e não na eficiência. Só em 1881, com Frederick W. Taylor a investigar a organização das operações de fabricação na empresa Midvale Steel, nasceu a Engenharia Industrial, que permitiu aos trabalhadores produzir significativamente mais e com menos esforço, graças ao melhoramento dos métodos e ferramentas usadas nas várias etapas de produção de aço (Smith & Hawkins, 2004). A Figura 2-2 permite uma melhor compreensão da evolução histórica do fabrico:

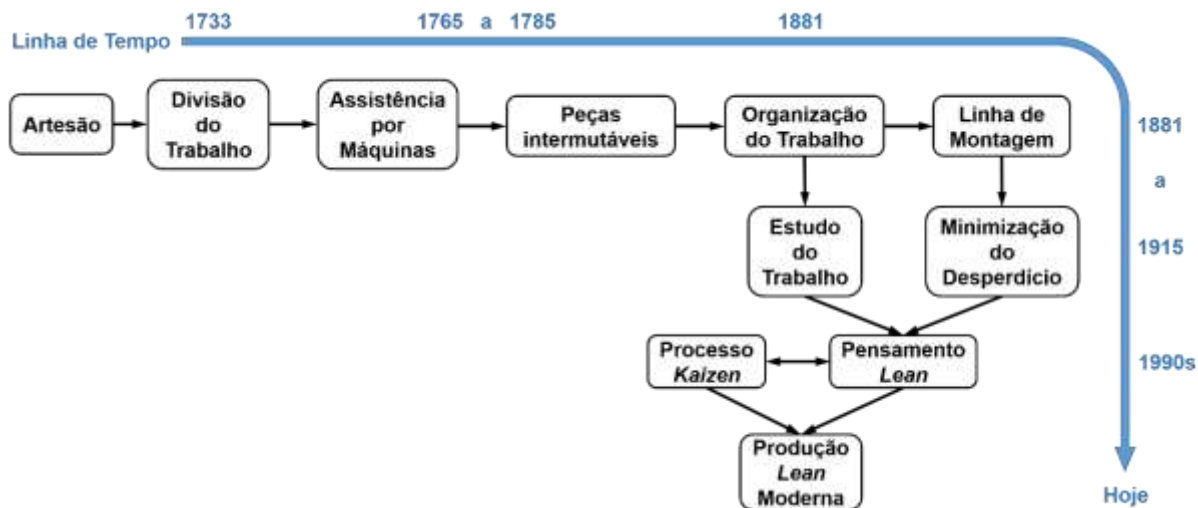


Figura 2-2 - A Evolução do Fabrico Formatação

(adaptado de Smith & Hawkins, 2004)

Em 1903 nasceu a Ford Motor Company e em 1908 esta produzia 100 carros por dia. Embora satisfizesse os acionistas da empresa, Henry Ford, o maior detentor da empresa, não estava satisfeito e pretendia elevar esse número para 1000 exemplares por dia. Para tal, Henry Ford anunciou que no futuro só iria fazer um único modelo, o “Model T” (Smith & Hawkins, 2004).

Para Henry Ford, os custos de fabrico começavam desde o momento em que se retirava o minério da terra até à entrega do produto final ao cliente. Desta forma, a fábrica que este construiu em *River Rouge*, em 1927, integrava todas essas operações, desde o abastecimento de materiais, passando pela produção dos componentes, até à montagem e transporte (Smith & Hawkins, 2004).

Para tal, Henry Ford comprou o caminho de ferro, tomou controlo de 16 minas de carvão e cerca de 700.000 Acres (283.279,95 Hectares) de floresta, construiu uma Serração, adquiriu uma frota de Navios dos Grandes Lagos, para trazer o minério das suas minas e até comprou uma fábrica de vidro (Smith & Hawkins, 2004).

Ainda que o objetivo principal de Henry Ford fosse construir carros com o menos custo possível, este controlo de todos os *inputs* e seus processos não lhe garantia baixos custos, mas sim apenas a hipótese de os gerir (Smith & Hawkins, 2004).

Henry Ford era obcecado com a eliminação de desperdício, fosse em termos de dinheiro, material, movimento ou tempo, pois todos iriam aumentar os custos de cada automóvel produzido. Desta forma, Ford esforçou-se por eliminar desperdícios em todos os níveis da sua cadeia de fabrico (Smith & Hawkins, 2004). Segundo James P. Womack no *Foreword* da publicação “Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers”, Henry Ford terá sido assim o primeiro verdadeiro “pensador *Lean*”, conseguindo colocar a produção num fluxo contínuo, sem ser necessário “ajudar” as peças, com máquinas em série para fabricar peças sequencialmente ao longo de vários processos, separados por curtas rampas onde as peças deslizavam por efeito da gravidade, ficando apenas uma pequena

quantidade de inventário empatado no trabalho em execução. O problema do sistema usado por Henry Ford era apenas funcionar corretamente em condições muito especiais (Womack J. , Foreword, 1997).

Graças ao sucesso de Henry Ford, principalmente com o *Model T*, este passara a ser alvo de estudo por parte de outros fabricantes de automóveis. Ainda assim, a causa do seu sucesso, estaria brevemente ameaçada, pois a produção do seu *Model T* era feita sem qualquer diversidade, contrariamente aos gostos dos compradores de automóveis, que tendiam a ser cada vez mais diversificados (Smith & Hawkins, 2004).

No mesmo ano em que a Ford construiu a maior fábrica de automóveis no Japão (1936), Sakichi Toyoda, dono e fundador da maior operação de fabrico de teares no Japão, começou uma operação de produção japonesa de automóveis. Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi e Diretor Geral desta nova operação, viajou até à Ford Motor Company em Detroit, para um ano de estudo da indústria automóvel americana, voltando depois para o Japão determinado em não só adaptar o sistema de produção de Henry Ford a menores quantidades de produção, mas também melhorar as bases praticadas (Smith & Hawkins, 2004).

O sistema desenvolvido por Kiichiro Toyoda faria com que a logística dos materiais a serem recebidos coincidissem com o consumo da produção. Kiichiro desenvolvera uma rede completa de fornecedores capazes de fornecer os materiais/componentes necessários. O sistema seria então referido dentro do “Toyoda Group” como o “Just-In-Time” (JIT) (Smith & Hawkins, 2004).

Também Eiji Toyoda visitara os Estados Unidos, para estudar o sistema americano de produção automóvel. Eiji não quis simplesmente copiar as práticas americanas, instituindo assim o primeiro processo *Kaizen* (melhoria contínua) dentro do grupo Toyoda, tendo como base o sistema usado na Ford (Smith & Hawkins, 2004).

Durante o caos da segunda guerra mundial, a produção de teares de Toyoda foi convertida em produção de motores e Taiichi Ohno, que já trabalhava para essa produção de teares, fez a transição para a produção de peças de carros e camionetas. Taiichi Ohno começara desde cedo a expandir o conceito JIT desenvolvido por Kiichiro Toyoda, realizando experiências e desenvolvendo novas metodologias (Smith & Hawkins, 2004).

Em 1957 Eiji Toyoda mudou o nome da empresa para “Toyota” e, no mesmo ano, abriu uma operação de vendas nos EUA (Smith & Hawkins, 2004).

Devido à segunda grande guerra, passou a haver escassez de materiais. Enquanto isso, Taiichi Ohno geria sob condições severas as operações de maquinaria. Gradualmente, Ohno melhorou métodos de apoio às operações de montagem. No sistema que foi desenvolvido, *Toyota Production System* (TPS), Ohno considerou dois conceitos trazidos dos EUA:

- Sistema de produção numa Linha de montagem, derivado do livro “Today and Tomorrow” de Henry Ford;
- Sistema Operacional de um Supermercado, observado por Ohno numa visita em 1956.

O conceito de supermercado proporcionou a base do fornecimento contínuo de materiais. Este sistema “puxado” reabastece os itens à medida que os clientes os adquirem (ou “puxam”) das prateleiras do supermercado (Smith & Hawkins, 2004).

Aos dias de hoje, Taiichi Ohno é considerado o pai do “*Toyota Production System – Lean Manufacturing*”, sendo as práticas do *Lean*, as de eliminação de desperdícios e melhoria contínua (Smith & Hawkins, 2004).

Em suma, o Japão não inventou as práticas *Lean* com o *Toyota Production System* (TPS). Em vez disso, adaptaram o que aprenderam dos fabricantes americanos de automóveis, nomeadamente Henry Ford, entre outras indústrias americanas. O que estes fizeram foi usar a sua incrível capacidade de se focar atenta e determinadamente no que são as importantes raízes de um processo, rejeitando os aspetos que não são importantes. Depois de isolar o que é importante, não só melhoraram, como aperfeiçoaram esses aspetos do conceito de produção americana. Esses conceitos incluíram (Smith & Hawkins, 2004):

- Eliminação de Desperdício;
- Padronização das Práticas de Trabalho;
- Sistemas *Just-in-Time*;
- Fazer bem à primeira (Controlo de Qualidade).

### **2.1.3 Ferramentas Analíticas e Técnicas do *Lean***

Neste subcapítulo expõem-se algumas das técnicas e ferramentas da filosofia *Lean*, que são utilizadas neste estudo

- *Kaizen*

*Kaizen* trata-se de um conceito japonês de melhorar um processo através de uma série de pequenos e contínuos passos, sendo assim traduzido para o ocidente como “melhoria contínua”. Normalmente, estes melhoramentos são pequenos e difíceis de medir, contudo, o seu efeito é significativo (Wilson, 2010; Smith & Hawkins, 2004).

O termo está enraizado na cultura *Lean*. Para além de fazer parte da sua forma de pensar, é promovido através de projetos de uma semana, chamados de “eventos kaizen”, criados com o intuito de se usar os métodos e ferramentas numa pequena e rápida ação de melhoria (Smith & Hawkins, 2004). Contudo, a “melhoria contínua” deve ser isso mesmo, contínua, e portanto, não se deve limitar a uma prática semanal, além de que deve haver uma preocupação em integrar nas melhorias feitas (mesmo as dos “eventos kaizen”), sistemas que as suportem, para que não se percam poucas semanas depois. Estes sistemas podem ser, por exemplo, a mera presença de uma liderança proficiente ou mesmo planos padronizados para reagir a avarias (Liker & Meier, 2006)



- Gestão Visual

Sucintamente, a gestão visual consiste em colocar as ferramentas, materiais e informação num local facilmente visível, de forma a que o estado em que um processo ou produto se encontra seja facilmente entendido num breve olhar (Wilson, 2010).

Uma das formas de gestão visual praticada tem como base quadros onde é mostrada, de forma explícita, informação ou mesmo ferramentas. Estes quadros devem ser desenvolvidos pela equipa que os vai usar, sendo que a imposição de uma tabela padronizada não surtirá os mesmos benefícios.

Os sistemas de gestão visual devem ser simples, contendo apenas informação que adicione valor à gestão do processo. O seu aspeto deve ser, sempre que possível, apelativo, contudo é aconselhado evitar-se o uso de “versões eletrónicas”, já que os sistemas baseados em *software informático* permitem uma expansão do seu tamanho em proporções quase infinitas, tornando-se mais difícil o controlo da quantidade de informação que se pretende mostrar. Por outro lado, as limitações de um quadro físico, conduz a um maior foco na qualidade e relevância da informação apresentada. (Parry & Turner, 2006)

A gestão visual pode ser feita através da limitação física dos espaços de arrumação, sabendo-se facilmente se o *inventário está dentro dos valores pretendidos ou não* (Wilson, 2010).

- *Just-In-Time*

Segundo Richard J. Schonberger, em “*Japanese Manufacturing Techniques: Nine Lessons in Simplicity*”, a ideia do *Just-In-Time* (JIT) é simples: Produzir e entregar produtos acabados apenas a tempo de serem vendidos, subconjuntos apenas a tempo de serem montados nos produtos acabados, peças fabricadas apenas a tempo de as integrar nos subconjuntos e materiais comprados apenas a tempo de serem transformados em peças (Schonberger, 1982).

O primeiro requerimento da produção JIT é permitir conhecer o tempo exato e quantidade necessária em todos os processos (Monden, 1994).

Num sistema de controlo de produção tradicional, este requerimento é atendido com a emissão de vários cronogramas de produção (Programação) para todos os processos, seja produção de peças ou já na linha de montagem final. Os vários processos de produção de peças realizam-se de acordo com o seu planeamento/programação, fornecendo as peças aos processos seguintes, independentemente do que possa estar a acontecer nestes. Este sistema é normalmente conhecido por “sistema empurrado” (Monden, 1994).

Havendo alguma dificuldade num dos processos, ou flutuação da procura do produto final, será difícil para um sistema empurrado adaptar-se às alterações de produção, visto que para tal a empresa terá de mudar, simultaneamente, a programação de cada processo de produção. Devido à dificuldade de executar estas alterações frequentemente, a empresa vê-se obrigada a ter algum do seu inventário entre todos os processos de produção, a fim de estes absorverem quaisquer imprevistos. Uma das consequências tende a ser a criação de um desnivelamento da quantidade de *stock* entre processos,

levando frequentemente a “*stock morto*” (*stock* disponível sem haver mais vendas ou oportunidades de receita), excesso de equipamento e funcionários (Monden, 1994).

Em contraste com o sistema empurrado, existe o “sistema puxado”, método utilizado no TPS. Este método “puxa” as peças do processo precedente, em vez de empurrar a mesma para o processo subsequente (Monden, 1994).

Para uma melhor compreensão, tem-se a figura 2-3, que não é mais do que um exemplo de uma produção empurrada e de uma produção puxada. Em ambas as situações representadas, pretende-se pintar bolas com a cor laranja e verde, sendo que a pintura laranja é feita em duas fases (processo 1 e 2).

Na primeira situação da figura 2-3, é feita uma encomenda de um grande lote de bolas por pintar. O funcionário do processo 1 vai produzindo segundo a programação estabelecida para este processo, contudo, por não ter percepção do ponto em que se encontra a produção, este não se sente muito motivado (parece que as bolas por pintar nunca mais acabam, e não sabe quantas mais terá de pintar, só sabe que tem de produzir o máximo possível). No processo 2, o respetivo funcionário encontra-se com algumas dificuldades em escoar para o processo seguinte o produto “empurrado” pelo funcionário do processo 1. Tal dificuldade está a resultar numa acumulação de *stock* no processo 2, colocando o funcionário numa situação de *stress*, enquanto tenta acelerar o seu processo. Já no final da produção, o funcionário do processo 3 encontra-se satisfeito. A receção de produtos do processo 2 tem-lhe dado tempo a mais para executar o processo 3, ficando grande parte do tempo sem tarefas. Por fim, os produtos finalizados são acumulados à espera de um cliente, representando dinheiro da empresa empastado em *stock*.

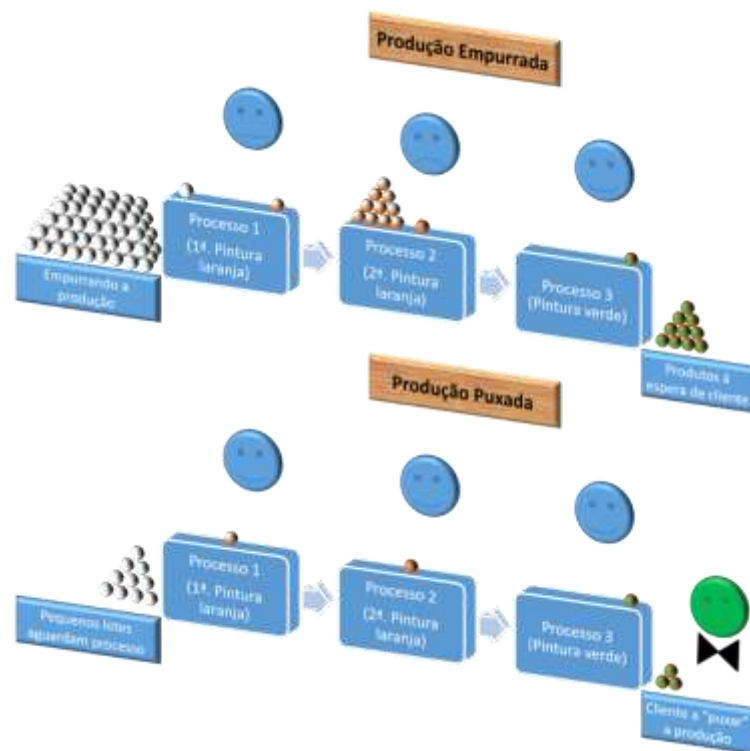


Figura 2-3 - Produção Empurrada e Produção Puxada

Na segunda situação da Figura 2-3, a produção é puxada pelo cliente (representado a verde). O tamanho do lote de bolas por pintar foi diminuído e só se produz o que o cliente procura, não havendo excedente de produtos finais. Também entre processos a ideia é a mesma, produz-se em função do processo seguinte, ou seja, o processo 3 puxa o processo 2 e este puxa o processo 1 (no fundo, o processo 3 é cliente do processo 2 e o 2 do 1, só não são finais). De notar que a quantidade de inventário na produção “puxada” consegue ser menor do que na “empurrada”.

Uma das bases do processo JIT passa por reduzir o tamanho dos lotes. A encomenda de grandes lotes aumenta o inventário médio, acarretando maiores custos de inventário (seja em termos de dinheiro “empatado” no material, manutenção do inventário, ou rendas de armazém e salários dos seus eventuais funcionários). Como tal, consegue-se reduzir custos encomendando lotes menores, com maior frequência (Shonberger, 1982).

No entanto, não deve ser esquecido que, normalmente, encomendar mais frequentemente também tem os seus custos, como os de *set-up*, que se tem cada vez que se quer ajustar os equipamentos a um componente particular. Torna-se assim também importante reduzir os tempos de *set-up* (Shonberger, 1982).

Um conflito clássico entre a “área financeira” e a “área produtiva” é a vontade de a primeira manter os custos baixos, através de frequentes encomendas e a vontade da “área produtiva” manter os custos de *set-up* baixos, através de uma produção com menos pausas possíveis para *set-up*. A solução passará por um compromisso parte a parte, existindo para tal um tamanho de lote “económico” – grande o suficiente para evitar excesso de custo de *set-up* e pequeno o suficiente para evitar custos excessivos de posse. Esta quantidade é conhecida por “*economic order quantity*” (EOQ) ou “lote económico”, como é demonstrado na figura 2-4 (Shonberger, 1982).

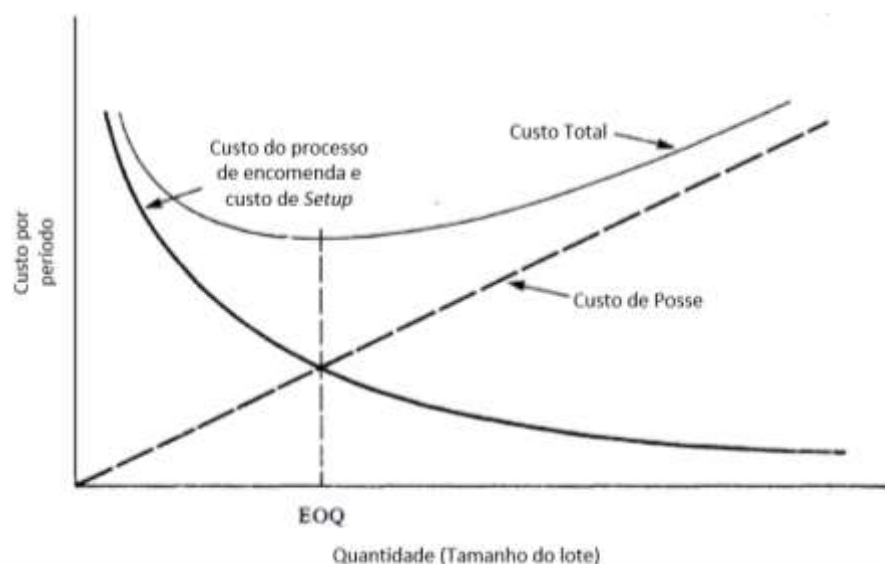


Figura 2-4 - Quantidade de encomenda económica

(adaptado de Shonberger, 1982)

Uma das consequências positivas da implementação do JIT costuma ser a redução de sucata. Tal é possível graças à forma de operar dos trabalhadores. Caso um funcionário faça apenas uma das várias peças e a passe imediatamente ao próximo trabalhador, o primeiro saberá rapidamente se a dita peça não se encontra em condições para o posto de trabalho seguinte. Desta forma, os defeitos são rapidamente descobertos e as suas causas poderão ser corrigidas na sua raiz e, como consequência, é evitada a produção de grandes lotes com defeito (que poderão não ter outro destino senão a sucata). Naturalmente, a qualidade do produto será cada vez maior. Quanto mais se diminuir o tamanho do lote, mais qualidade o produto terá, sendo a situação limite a produção de uma peça de cada vez (Shonberger, 1982).

Como nota especial, alerta-se para o facto de ser comum usar, incorretamente, a palavra *kanban* como sinónimo de *Just-In-Time*. *Kanban* (em japonês, “cartão”/“registo visível”) é efetivamente um mecanismo que vai ao encontro da produção *Just-In-Time*, já que é o nome especificamente dado a um sistema de reposição de inventário desenvolvido pela Toyota. No entanto, o JIT engloba muito mais que uma produção tendencialmente sem *stock*. Como já foi abordado, o JIT consegue atuar como um sistema de controlo de inventário, uma ferramenta de controlo de qualidade e sucata e, ainda que não tenha sido aqui abordado, como uma configuração simplificada da “fábrica” que aumenta o rendimento do processo, como uma abordagem para balancear uma linha de produção e também como um mecanismo de motivação e envolvimento do empregado (Shonberger, 1982). A figura 2-5 procura mostrar uma possível interpretação lógica dos vários efeitos de uma produção JIT, sugerida por Shonberger:

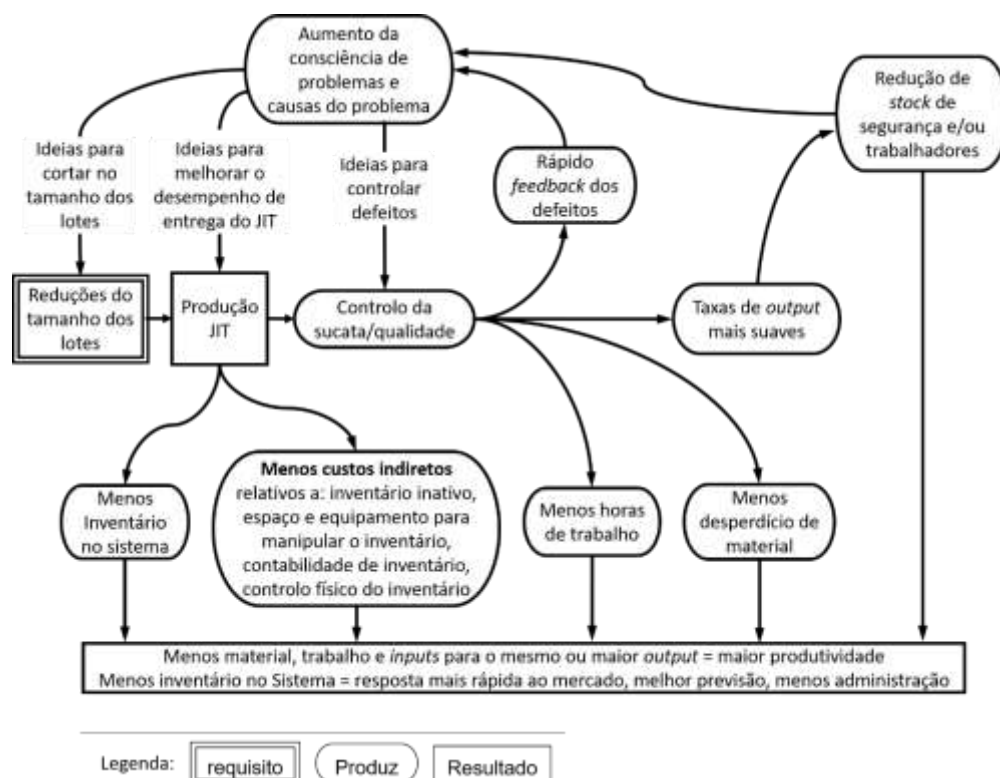


Figura 2-5 - Efeitos da Produção JIT  
(adaptado de Shonberger, 1982)

- 5S

O conceito 5S tem a sua origem no acrónimo japonês *seiri* (organização), *seiton* (arrumação), *seisō* (limpeza), *seiketsu* (padronização) e *shitsuke* (disciplina), uma filosofia que está embebida no quotidiano japonês (Kobayashi et al, 2008).

Segundo o estudo feito pela universidade Australiana Griffith, o conceito 5S é atualmente encarado de duas formas distintas, dependendo se se trata do Japão ou dos Estados Unidos da América e Reino Unido. O Japão encara o 5S como uma estratégia para um negócio de excelência, requerendo a participação tanto no local de trabalho como em casa, enquanto nos outros dois países o 5S é visto apenas como uma ferramenta para o local de trabalho (Kobayashi et al, 2008).

Segundo o mesmo estudo, a visão do 5S como uma filosofia de vida e trabalho pode ser entendida através de Takashi Osada, autor de várias publicações relativas a esta temática. Este autor defende que o 5S faz parte da cultura japonesa e que produz melhorias em qualquer ambiente, seja nas casas pessoais, escolas, comunidades e locais de trabalho, independentemente do seu tamanho e modelo/tipo. A sua implementação consegue revelar problemas que de outra forma poderiam permanecer despercebidos (Kobayashi et al, 2008).

Ainda segundo Osada (1991), a prática do 5S aumenta a “transparência” numa organização, garantindo uma boa impressão do local de trabalho aos visitantes, particularmente potenciais novos clientes e não só aumenta a eficiência (produtiva e nível de qualidade em função do custo), mas também a efetividade organizacional através de um efeito sinérgico (ou cooperativo). (Osada, 1991); (Kobayashi et al, 2008). Para ajudar a compreender melhor esta perspetiva, a Figura 2-6 esquematiza o conceito 5S segundo a visão de Osada.



Figura 2-6 - O Conceito 5S segundo a visão de Osada  
(adaptado de Osada, 1991)

Por outro lado, segundo ainda o mesmo estudo, uma visão mais técnica do 5S é encontrada nas publicações de Hiroyuki Hirano. Hirano terá desenvolvido uma versão alternativa do 5S durante o mesmo período de Osada, mas com uma abordagem mais prática, explicando o 5S como uma ferramenta para a “sobrevivência de corporações”, que capacita a produção *Just-In-Time*, em vez de um guia de ações (Kobayashi et al, 2008) (Hirano 1995, 1996). Esta perspectiva do 5S de Hirano é representada na seguinte Figura 2-4.

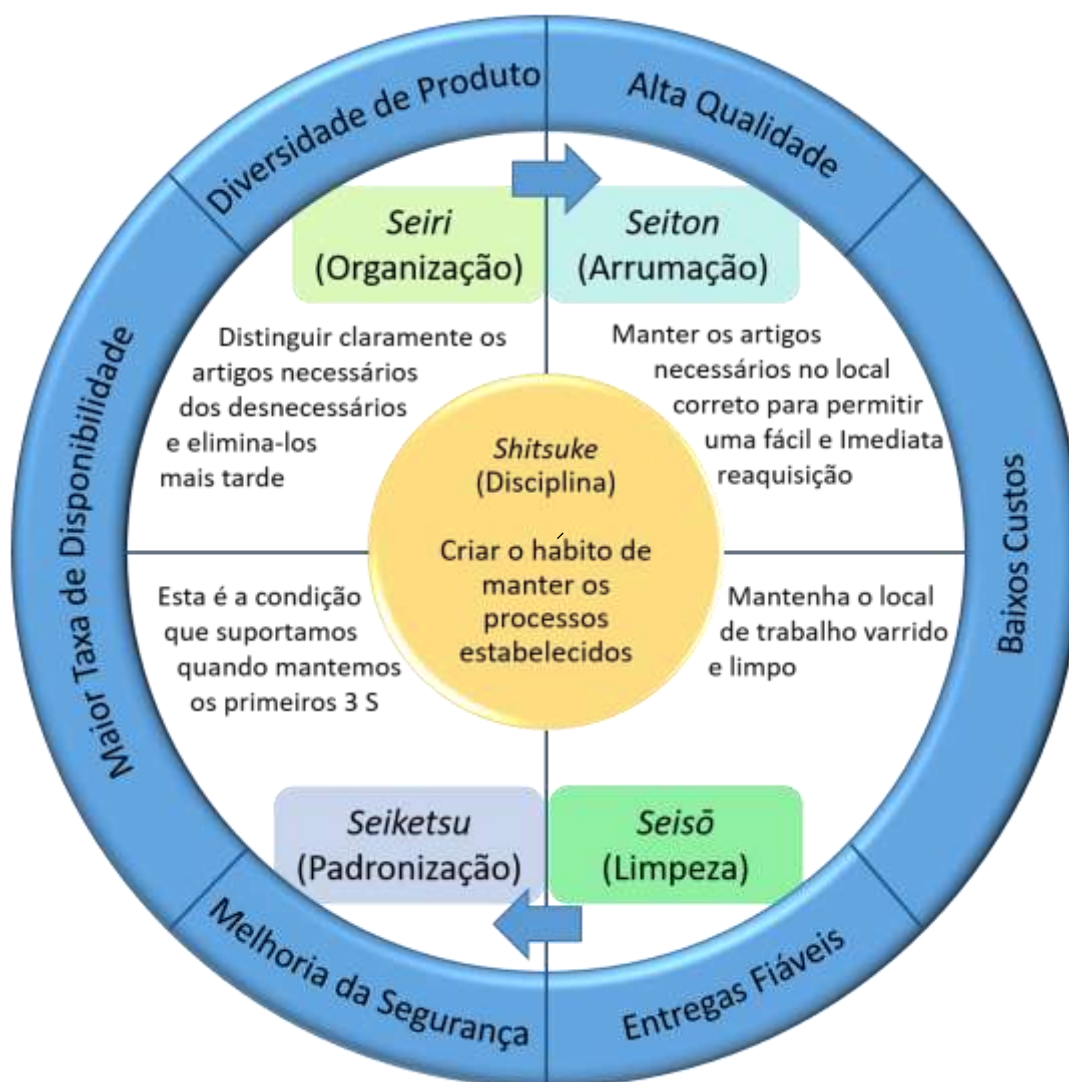


Figura 2-7 - Conceito 5S segundo a visão de Hirano

(adaptado de Hirano, 1995)

Atualmente, já se fala num 6º “S”, o qual foi intitulado de “Segurança”, por se ter tomado consciência do seu importante papel na indústria. Assim, o 6S será a chave para organizar o local de trabalho a fim de aumentar a eficiência, diminuir o desperdício, otimizar a qualidade e a produtividade, através de uma monitorização de um ambiente organizado e salvaguardá-lo de acidentes (Gautam et al, 2008).

Em suma, a ferramenta 5S (a base do 6S) foca-se na organização efetiva do local de trabalho e na padronização dos seus procedimentos. Trata-se de uma simplificação do ambiente de trabalho, que reduz desperdício e atividades que não acrescentam valor, ao mesmo tempo que melhora a qualidade, a eficiência e a segurança (Smith & Hawkins, 2004).

- Padronização de Operações

A padronização faz parte das atividades de identificação de problemas, de estabelecer métodos efetivos e definir a forma de desempenhar esses métodos. Para tal, é importante que se compreenda em detalhe as operações a padronizar.

A criação de processos padronizados tem como base definir, clarificar (tornar visual) e utilizar consistentemente os métodos que irão assegurar os melhores resultados possíveis. Neste sentido, os trabalhos padronizados são o ponto de partida para a melhoria contínua. Até que sejam definidos padrões em qualquer operação, não é possível realmente fazer melhorias. Por exemplo, se um determinado processo não está padronizado (é aleatório e caótico) e são feitas melhorias, o que realmente melhorou? Ter-se-á melhorado a aleatoriedade? Ou apenas se aumentou o caos ao se adicionar mais uma versão de como o trabalho pode ser feito? Mesmo que eventualmente alguém consiga melhorar o trabalho, se essa nova forma de trabalhar não passar a ser um padrão, apenas funcionará enquanto essa pessoa a executar. Além disso, mais ninguém irá usar a melhoria como base para outra. Se, pelo contrário, a melhoria for criada para padronizar, então ter-se-á criado uma plataforma, a partir da qual outras pessoas podem continuamente melhorar.

Contudo, a padronização só por si não garante a ausência de desvios dos operadores relativamente ao que está definido. Para que tal seja mitigado, devem ser retiradas as opções alternativas à forma padrão que possam existir na área de trabalho. Além disso, sendo que o desenvolvimento de trabalhos padronizados é feito por engenheiros, em conjunto com uma “equipa piloto” que representa os operadores, é importante haver no início da implementação um acompanhamento e treinamento dos funcionários no novo método de trabalho e não apenas ser colocado um documento com a sua descrição (Liker & Meier, 2006)

- Mapeamento do Fluxo de Valor

O mapeamento do fluxo de valor, ou VSM – *Value Stream Mapping*, foi desenvolvido pela Toyota e popularizado pelo livro “Learning to see” de Rother e Shook. Tem como objetivo evidenciar desperdícios na cadeia de valor de um produto, usando para isso um fluxograma representativo do seu fluxo de processo. Além da típica informação de um fluxograma, é também apresentada a informação do fluxo necessária para planear e ir ao encontro do que o cliente procura, assim como tempos de ciclos, entre tantas outras informações possíveis de integrar.

Este mapeamento pode ser feito relativamente a um estado futuro (que se pretende – *to be*), no entanto é fundamental começar por mapear o estado atual (*as is*), sendo para tal comum usar-se a metodologia de se seguir uma família de produtos, de “porta a porta”, já que tal fornece normalmente a informação necessária para o VSM das instalações em estudo (Wilson, 2010).

Segundo Womack e Jones, o mapeamento completo do fluxo de valor de todas as suas famílias de produtos é a etapa mais importante de uma transformação *Lean*. Este mapeamento permitirá identificar cada processo ou fluxo, tornando-se possível construir uma cadeia de valor de acordo com os princípios da filosofia *Lean*, sem se estar em domínios confusos e esquecidos dos “bastidores” da empresa (Womack & Jones, 2003). Além disso, esta ferramenta permite identificar o que não está a adicionar valor no processo. Para tal, é criado um fluxo de processo, que pode usar símbolos padronizados, no entanto o mais importante é que o fluxo seja de fácil leitura (Smith & Hawkins, 2004).

Relativamente à apresentação do VSM, este pode usar símbolos padronizados, no entanto o mais importante é que o fluxo seja de fácil leitura (Smith & Hawkins, 2004).

- Gemba Walk

“Gemba”, em japonês significa “no local”. Os seguidores da filosofia *Lean* interpretam o termo como o local onde se está realmente a criar valor, com o intuito de dar ênfase à parte “factual”, enquanto que “walk”, do inglês, significa caminhada (Shook, 2011).

Este conceito consiste em dirigir-se a um local da empresa onde se cria valor, a fim de se entender efetivamente a situação corrente que, segundo Womack, trata-se também de um importante passo a dar nas primeiras abordagens. O mote é: “ir ver, perguntar porquê, mostrar respeito”. Enquanto isso, é conveniente recolher informação de forma a que possa ser analisada no escritório através de uma perspetiva mais teórica.

Womack, sugere que a forma mais produtiva de realizar um *Gemba Walk* passa por seguir um único tipo de produto desde o seu início até ao fim, vendo passo a passo através dos olhos do cliente e da perspetiva daqueles que realmente criam valor, perguntando como poderá ser conseguido mais com menos.

Um outro aspeto importante, que aumenta a qualidade de um *Gemba Walk*, trata-se de ter alguém para acompanhar a dita caminhada, de forma a que seja possível manter um diálogo intelectual, especialmente se esta companhia for o que na gíria do *Lean*, se refere como “sensei”, que pode ser traduzido do japonês como “mestre” e portanto, poderá guiar a caminhada de forma mais produtiva.

Não menos importante, será manter estas caminhadas como uma rotina, na constante procura de criar mais valor, perguntando “porquê”, ao mesmo tempo que se mostra respeito (Womack , 2011).

- Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) é uma forma de alcançar os resultados desejados através de um aumento de consciência de qualidade. É também conhecido pelo ciclo de aprendizagem e melhoria de Shewhart ou mesmo ciclo Deming. Dr. Walter Shewhart terá sido quem criou o conceito e desenvolveu-o, combinando a criatividade do pensamento da gestão com análise estatística. Já Dr. W. Edwards Deming, terá tido Shewhart como seu professor e mentor e levado o controlo estatístico de processo para o Japão (Smith & Hawkins, 2004).



Este ciclo contém 4 etapas contínuas: Planejar, Executar, Verificar/Estudar e Agir. O ciclo baseia-se na premissa de que uma avaliação contínua da gestão praticada, assim como a vontade da gerência em adotar novas ideias, desconsiderando as não fundamentadas, são a chave para a evolução de uma gestão efetiva e para uma empresa de sucesso. Virtualmente, o ciclo pode nunca acabar, voltando-se ao início do mesmo para explorar outros possíveis problemas e, continuamente, empenhar-se em alcançar novos níveis de melhoria, como é sugerido na figura 2-8 (Smith & Hawkins, 2004):



Figura 2-8 - Ciclo PDCA  
(adaptado de Smith & Hawkins, 2004)

Dentro de cada uma das etapas deve-se ter algumas considerações.

- Planejar (*Plan*):

Reconhecer o problema e analisá-lo. Formular possíveis soluções, estabelecendo objetivos a atingir num determinado horizonte temporal. Para tal é frequente a criação de diagramas de Causa-Efeito (por exemplo, o diagrama “espinha de peixe” ou diagrama de “Ishikawa”, desenvolvido por Kaoru Ishikawa em 1943) (Smith & Hawkins, 2004) (Pereira & Requeijo, 2012).

A construção do diagrama de Ishikawa, assim como os 5 “Porquês”, pode tornar-se mais fácil quando se mapeia a situação atual. Uma das formas de fazer esse mapeamento de processo é através da ferramenta VSM – *Value Stream Mapping*. Esta ferramenta permite identificar o que não está a adicionar valor no processo e “redesenhá-lo” como um fluxo de valor (*Value Stream*) (Smith & Hawkins, 2004).

- Executar (*Do*):

Implementar, em modo de teste, as ações necessárias à execução do plano estabelecido (Smith & Hawkins, 2004) (Pereira & Requeijo, 2012).

- Verificar/Estudar (*Check/Study*):

Monitorizar, medir e analisar os resultados da solução implementada para comparar com o método original, a fim de evidenciar as melhorias realmente obtidas e assegurar os objetivos planeados (Smith & Hawkins, 2004) (Pereira & Requeijo, 2012).

- Agir (*Act*):

Trocar o método antigo pela solução bem-sucedida, empreendendo ações para garantir que os resultados obtidos se tornam efetivos, i.e.: que concretizem os objetivos definidos. Lembrando que o ciclo PDCA virtualmente pode nunca acabar, voltando-se ao início do mesmo, após esta etapa “Agir”, a fim de se procurar novos níveis de melhoria, nesta 4ª etapa deve-se manter viva a atitude de melhoria contínua no desempenho da organização (Smith & Hawkins, 2004) (Pereira & Requeijo, 2012).

Este ciclo exige um pensamento criativo e ao mesmo tempo analítico. A parte criativa abre portas a novas ideias, podendo inclusive quebrar paradigmas, olhando para além da forma como correntemente o processo é pensado. No entanto, esta componente tem de ser moderada através de uma análise crítica, convergindo as ideias dispersas numa forma viável de as trabalhar (Smith & Hawkins, 2004).

#### **2.1.4 O *Lean* e a Indústria Aeronáutica**

Pela altura em que o livro “A Máquina que Mudou o Mundo” foi publicado em 1990, Jim P. Womack, o seu autor, já procurava combinar a filosofia *Lean* com a indústria aeroespacial. Ainda no início dos anos 90, quando Womack começara a escrever o livro “Pensamento *Lean*” (*Lean Thinking*) em conjunto com Dan Jones, encontraram um ótimo exemplo de transformação *Lean* na empresa de motores a jato Pratt & Whitney. No seu primeiro contato, Womack não conseguia acreditar, que uma qualquer indústria referida à “idade do espaço”, conseguiria ser tão lenta a fazer tudo – projeto, teste de voo, produção, manutenção. Depois de se questionarem se haveria alguma razão para não se aplicar os conceitos do *Lean* e de verem a conduta “*Sensei*” experimental aplicada na Pratt & Whitney para introduzir as técnicas usadas no *Lean*, passou a ser claro que havia um potencial extraordinário na combinação de fluxos de alta velocidade com os fluxos de valor aeroespacial de baixo volume e alta variedade, seja na aviação comercial, militar ou satélites (Womack, 2016).

Ainda assim, a indústria aeronáutica já estaria na sua longa jornada em direção ao “*Lean*”, que acelerou em meados de 1990. Ambos os setores, comercial e defesa desta indústria têm beneficiado desta transformação, ainda que incompleta. Nas raízes da gestão de aeronaves comerciais da Boeing já se encontram transformações “*Lean*” da própria empresa, que remontam até ao início de 1980, altura em que esta reconheceu a necessidade de melhorar a qualidade dos seus produtos e processos (Jordan, & Michel, 2005).

No início dos anos 90, o campo aeroespacial foi desafiado a produzir produtos e sistemas melhores, mais rapidamente e mais baratos. Nesta Era, conhecida como “Better, Faster, Cheaper” (BFC), criou-se um novo paradigma, pois muda consideravelmente a mantra adotada até à data por esta indústria: “Higher, Faster, Farther” (Mais alto, mais rápido, mais longe), que teria sido a força motora por trás dos produtos e sistemas aeroespaciais durante muitos anos (Murman & Walton, 2000). Enquanto isso, a Boeing começou um programa “5S” nas suas aeronaves comerciais, com o intuito de organizar e padronizar as áreas de trabalho e processos. Seguiu-se então *workshops* acelerados de melhoria (análogo aos eventos “Kaizen’s” da Toyota) para envolver e capacitar todos os trabalhadores da Boeing na sua transformação (Jordan, & Michel, 2005).

Ainda no final de 1992, o MIT foi contactado pelo Centro de Sistemas Aeronáuticos da Força Aérea dos Estados Unidos da América para explorar a aplicação do *Lean* em aviões de defesa. Este pedido levou à criação de um consórcio de investigação chamado de “Lean Aerospace Initiative” – LAI (Murman & Walton, 2000).

Também nas aeronaves militares, a linha de produção do C-130 da Lockheed Martin’s Marietta, (provavelmente a linha de produção mais antiga de aeronaves), foi alvo de uma transformação *Lean*, especialmente na preparação para a última variante, o C-130J. O sistema de transporte aéreo que causava paragens nos trabalhos, enquanto os trabalhadores assistiam a progressão lenta de enormes secções de fuselagem a caminho do ponto de montagem, deixou de existir. Os principais subsistemas são montados, facilmente transportáveis, perto do ponto de montagem. Programas 5S e padronização de processos de trabalho resultaram numa linha limpa e ordeira. Mesmo a linha de montagem da aeronave F-16 teve os seus benefícios. Ainda que ao mesmo tempo que o F-16 recebia uma injeção de nova tecnologia, a sua produção tenha decrescido para 4 aviões por mês, com as técnicas da produção *Lean*, a empresa foi capaz de manter o mesmo custo unitário que tinha quando produzia 25 aviões por mês (Jordan, & Michel, 2005).

Mais recentemente, Portugal também começou a querer aplicar a filosofia *Lean* na indústria aeronáutica. Desde 2007 que a Força Aérea Portuguesa tem aplicado com muito sucesso o pensamento *Lean* na manutenção aeronáutica, tendo obtido, na maioria das frotas, cerca de 50% de redução de tempo de imobilização de aeronaves. Em 2010, foi desenvolvido um projeto com o apoio das empresas Toyota e Mercatus para melhorar a eficiência e eficácia da cadeia de abastecimento e reparação de material do F-16, procurando um benefício financeiro de 1,5 milhões de euros num ano (Lean Institute Brasil, 2012).

Atualmente, o JIT (*Just-In-Time*) é um dos pilares fundamentais no Sistema Produção *Lean* de aeronaves comerciais em que é feito um maior esforço, para tornar a produção mais eficiente (Jordan, & Michel, 2005).



Deve ser identificado o máximo de causas possíveis (reais ou potenciais), por exemplo através de *brainstorming*. Em seguida deve ser atribuída uma das categorias a cada causa. Pode subdividir-se cada categoria tantas vezes quantas as necessárias, para agrupar de forma clara as causas do problema. Ainda assim, é habitual ramificar-se cada categoria até três ou quatro níveis (Pereira & Requeijo, 2012).

Como possível alternativa ao diagrama de Ishikawa existe também a ferramenta dos 5 “Porquês”. O seu funcionamento é semelhante ao diagrama de Ishikawa, visto que também procura relacionar graficamente as causas com os efeitos (problemas). A sua forma de operar consiste, essencialmente, em questionar sucessivamente “porquê” face ao problema, até ser determinada e validada a causa raiz, fomentando de forma natural o *brainstorming*. Este método, mais simples, poderá ser uma boa alternativa ao diagrama de Ishikawa quando os problemas não tenham múltiplas causas (Sobek II & Smalley, 2008).

Note-se que também é possível integrar o conceito dos 5 “porquês”, como já é apresentado na figura 2-9, sendo a “causa nível 2” uma resposta ao “porquê” da “causa nível 1”.

### **2.2.2 Diagrama de Pareto**

Entre 1896 e 1897, um economista de nome Wilfred Pareto publicara a sua obra “Cours d’économie politique”, onde incluía a sua famosa distribuição de rendimentos (Parmenter, 2007). Nessa sua complicada formulação matemática, tentara provar que a distribuição de rendimentos e riqueza na sociedade não é aleatória e que era visível um padrão consistente ao longo da história, em todas as partes do mundo e em todas as sociedades. Quando Pareto descobrira o princípio, estabeleceu que 80% das terras de Itália pertenciam a 20% da população. Mais tarde, descobriria que este princípio era válido noutras temáticas, tal como a jardinagem, em que 80% das ervilhas do seu jardim eram produzidas por 20% das vagens. O Princípio oferece uma abordagem aproximada e reconhece que o esforço e a recompensa não se relacionam linearmente.

Entre as várias aproximações possíveis de se fazer através deste princípio, destaca-se que aproximadamente 80% dos defeitos de processo surgem de, não mais que 20% dos problemas de processo. (Parmenter, 2007)

### **2.2.3 Matriz GUT**

A matriz GUT consiste na atribuição de um valor a cada um dos problemas que se pretende resolver com base na sua gravidade, urgência e tendência, a fim de auxiliar na posterior priorização de resolução.

A equipa deve analisar cada problemática relativamente à sua gravidade, urgência e tendência e atribuir em conjunto um índice (de 1 a 5) para cada uma dessas 3 variáveis. Em seguida, multiplicam-se essas 3 variáveis (GUT), resultando num valor entre 1 e 125 para cada problema (classificação GUT). Será portanto mais prioritária a resolução dos problemas quanto maior for esta classificação.

Para facilitar a criação da matriz, pode-se considerar as variáveis G, U e T e respectivos índices da seguinte forma (Sotille, 2014):

- Gravidade (G):

Considerar a intensidade ou profundidade dos danos (quantitativa ou qualitativamente) que o problema pode causar se não se atuar sobre ele. Na tabela 2-1 esse dano é relacionado com o índice de gravidade.

- Urgência (U):

Considerar o tempo que se tem até ao aparecimento de danos ou resultados indesejáveis se não se intervir. Também na tabela 2-1 é relacionado este tempo com o índice de urgência. Note-se que a urgência também pode ser influenciada por prazos definidos ou até mesmo pela iminência de haver uma mudança de um processo.

- Tendência:

Considerar a evolução que o problema terá na ausência de intervenção. Note-se que, certos problemas, quando não atendidos, poderão ter consequências inesperadas (como a queda de alguma peça por afixação inapropriada). Estes casos podem ser vistos como problemas com uma tendência a piorar muito rapidamente, não havendo na realidade uma evolução progressiva, mas antes imediata, só não se sabe ao certo quando. Como nos dois pontos anteriores, a tendência também é relacionada com o seu índice na tabela 2-1.

Tabela 2-1 - Matriz GUT  
(adaptado de Sotille, 2014)

	Gravidade	Urgência	Tendência
1	Sem gravidade (dano mínimo)	Longuíssimo prazo (dois ou mais meses) – Não há pressa	Desaparece ou não vai piorar, podendo até melhorar
2	Pouco grave (dano leve)	Longo prazo (um mês) – Pode aguardar	Reduz ligeiramente ou vai piorar a longo prazo
3	Grave (dano regular)	Médio prazo (quinze dias) – O mais cedo possível	Permanece ou vai piorar a médio prazo
4	Muito grave (grande dano)	Curto prazo (uma semana) – Com alguma urgência	Aumenta ou vai piorar em pouco tempo
5	Extremamente grave (dano gravíssimo)	Imediatamente (está a ocorrer) – Ação imediata	Piora muito ou vai piorar rapidamente

## 3 Identificação de Problemas e Oportunidades de Melhoria

---

### 3.1 Recolha de Problemas

No presente estudo, realizaram-se todos os dias visitas ao terreno e assim recolheu-se bastantes problemas por observação direta, tendo sempre a consciência de que o que se ia percecionando deveria ser sempre validado junto dos funcionários que estivessem mais por dentro da temática. De forma a melhorar o aproveitamento destas visitas ao terreno, procurou-se seguir os princípios do *gemba walk*, tendo sido ocasionalmente acompanhado por um elemento mais experiente, desempenhando o papel de *sensei*. Para tal, foi importante aprender todos os processos que iria observar, junto dos funcionários que os realizam o que também permitiu que se fosse estabelecendo uma maior relação de confiança com os mesmos, por se mostrar interesse nos seus trabalhos.

Durante as visitas, procurou-se sempre registar todos os vários problemas e oportunidades de melhoria encontradas, assim como o aprofundamento de conhecimento sobre os processos em estudo.

Além desta observação direta, realizaram-se também entrevistas informais relativamente ao funcionamento da receção e expedição de materiais, funções desempenhadas por cada funcionário, assim como eventuais problemas que pudessem existir e sugestões de melhoria, promovendo-se uma maior empatia dos funcionários para com quem elabora o estudo. Esta escolha deve-se ao facto de os funcionários manifestarem, na sua grande maioria, desconfiança em relação às transformações *Lean* e entender-se que eventuais questionários/entrevistas formais pudessem ser pouco fidedignos.

As questões que guiaram este questionário informal foram as seguintes:

- Que trabalhos costuma realizar?
- Em que horário se encontra?
- Como se procede a receção de materiais?
- Como se procede a expedição de materiais?
- O que acontece às tintas, assim que são rececionadas?
- O que acontece ao refugo de tintas?
- Quem trata do transporte de materiais?
- Tem alguma queixa que gostasse de partilhar? Se sim, tem alguma ideia de como poderia ser resolvida?
- O que acha que poderia estar melhor? Tem alguma sugestão de melhoria?

Estas questões foram integradas em conversas com a grande maioria dos funcionários do H14, conferindo uma larga diversidade de funções e responsabilidade. Pretendeu-se com isto cruzar a informação obtida pelos vários funcionários, de forma a conferir maior fiabilidade da informação obtida.

Note-se também que, apesar das questões serem informais, as respostas eram registadas por escrito à frente do funcionário em questão, tanto para não se correr o risco de a informação ser perdida, como para manter a seriedade da conversa.

Procurou-se manter o contacto direto com os funcionários, principalmente os que trabalham diretamente com o produto, pedindo opiniões e sugestões relativamente a ideias de implementação. Também se aproveitou para entender melhor a cultura vivida na secção de pintura e assim ser possível contextualizar este estudo.



- Al-Aomar, R. (2011). Applying 5S Lean Technology: An Infrastructure for Continuous Process Improvement. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2645-2650.
- Costa, P. (2017). *Caça às peças*. Acedido em 22 de Agosto de 2018, de Expresso: <https://expresso.sapo.pt/sociedade/2017-06-09-Caca-as-pecas#gs.BjzTmMs>
- Franklin, T. (2004). Changing the climate: The levy on world class performance. *World class manufacturing*, abril/maio de 2004, pp. 45-47.
- Gautam, V., Shah, A., & Parmar, A. (2014). Study of 6s Concept and its effect on Industry. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, outubro de 2014, 4(10), 272 - 277.
- GFS. (2016). *Paint booths vs. paint barns: Choosing the right structure for your aircraft painting needs*. Acedido em 3 de Agosto de 2018, de Global Finishing Solutions: <https://globalfinishing.com/wordpressDev/wordpress/2016/06/08/paint-booths-vs-paint-barns-choosing-the-right-structure-for-your-aircraft-painting-needs/>
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the visual workplace: The sourcebook for 5S implementation*. New york: Productivity Press.
- Hirano, H. (1996). *5S for operators: 5 Pillars of the visual workplace*. New York: Productivity Press.
- Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing* (2<sup>a</sup> ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Jordan, J. & Michel, F. (2005). *The Lean Company: Making the Right Choices*. Society of Manufacturing.
- Kaizen Institute. (2018). *Glossary*. Acedido de Kaizen Institute: <https://www.kaizen.com/learn-kaizen/glossary.html>
- Kobayashi, K., Fisher, R., & Gapp, R. (2008). Business improvement strategy or useful tool? Analysis of the application of the 5S concept in Japan, the UK and the US. *Total Quality Management & Business Excellence*, 19(3), 245-262.
- Koskela, L., Bølviken, T., & Rooke, J. (2013). Which are the wastes of construction? *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 3-12). Fortaleza: IGLC.
- Lean Institute Brasil. (2018). *O que é lean*. Acedido em 2 de julho de 2018, de Lean Institute Brasil: <https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx#>
- Liker, J. (1997). *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*. Portland: Productivity Press.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for implementing Toyota's 4Ps*. New York: McGraw-Hill.

- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1), 012099.
- Manutan. (2018). *Porta-paletes manual - Garfo com comprimento de 1150 mm - Força de 2500 kg - Manutan*. Acedido em 16 de Setembro de 2018, de Manutan: <https://www.manutan.pt/pt/map/porta-paletes-manual-garfo-com-comprimento-de-1150-mm-forca-de-2500-kg-manutan>
- Monden, Y. (1994). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time* (2ª ed.). London: Chapman & Hall.
- Murman, E., & Walton, M. (2000). *Challenges in the better, faster, cheaper Era of aeronautical design*. Cambridge: Massachusetts Institute of technology.
- NIST. (2000). *Principles of Lean Manufacturing with Live Simulation: Student Guide*. Gaithersburg: Manufacturing Extension Partnership - National Institute of Standards and Technology.
- Osada, T. (1991). *The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment*. Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Parmenter, D. (2007). *Pareto's 80/20 Rule for Corporate Accountants*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Parry, G., & Turner, C. (Janeiro de 2006). Application of lean visual process. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 17(1), 77-86. doi:10.1080/09537280500414991
- Pereira, Z., & Requeijo, J. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processo* (2ª ed.). Caparica: Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Picchi, F. (2017). *Entenda os "7 desperdícios" que uma empresa pode ter*. Acedido em 21 de 09 de 2017, de Lean Institute Brasil: <https://www.lean.org.br/colunas/529/entenda-os-%E2%80%9C7-desperdicios%E2%80%9D-que-uma-empresa-pode-ter.aspx>
- Schonberger, R. (1982). *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*. New York: The Free Press.
- Shook, J. (2011). Foreword. Em J. Womack, *Gemba Walks* (pp. V - IX). Cambridge: Lean Enterprise Institute.
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Sobek II, D., & Smalley, A. (2008). *Understanding A3 thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System*. Boca Raton: Productivity Press.
- Sotille, M. (2014). *Matriz GUT - Gravidade, Urgência e Tendência*. Obtido em 8 de Agosto de 2018, de pmtech: <https://www.pmtch.com.br/PMP/Dicas%20PMP%20-%20Matriz%20GUT.pdf>
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. New York: McGraw-Hill.

Womack, J. (1997). Foreword. Em J. Liker, *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers* (p. XIII). Portland: Productivity Press.

Womack, J. (2011). *Gemba Walks*. Cambridge: Lean Enterprise Institute.

Womack, J. (2016). *Womack: why lean is an opportunity for today's aerospace*. Obtido em 2 de Julho de 2018, de Planet Lean: <https://planet-lean.com/lean-management-aerospace-womack-yokoten/>

Womack, J., & Jones, D. (2003). Prefácio Original. Em M. Rother, & J. Shook, *Aprendendo a Enxargar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. Brookline: The Lean Enterprise Institute.